

51

Int. Cl. 2:

F 16 C 39-00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

F 04 D 29-66

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 24 33 624 A1

Offenlegungsschrift

11

# Offenlegungsschrift 24 33 624

21

Aktenzeichen: P 24 33 624.1

22

Anmeldetag: 12. 7. 74

43

Offenlegungstag: 13. 3. 75

30

Unionspriorität:

32 33 31

7. 9. 73 USA 395246

56

Bezeichnung:

Verfahren zum Messen und Steuern des Axialdruckes bei Rotationsmaschinen und zugehörige Drucklageranordnung

61

Zusatz zu:

P 20 43 550.1

71

Anmelder:

Swearingen, Judson S., Los Angeles, Calif. (V.St.A.)

74

Vertreter:

Licht, M., Dipl.-Ing.; Schmidt, R., Dr.; Hansmann, A., Dipl.-Wirtsch.-Ing.;  
Herrmann, S., Dipl.-Phys.; Pat.-Anwälte,  
8000 München und 7603 Oppenau

72

Erfinder:

gleich Anmelder

DI 24 33 624 A1

ORIGINAL INSPECTED

2.75 509 811/669

18/70

P A T E N T A N W Ä L T E

PATENTANWÄLTE LICHT, HANSMANN, HERRMANN  
8 MÜNCHEN 2 · THERESIENSTRASSE 33

2433624

Dipl.-Ing. MARTIN LICHT

Dr. REINHOLD SCHMIDT

Dipl.-Wirtsch.-Ing. AXEL HANSMANN

Dipl.-Phys. SEBASTIAN HERRMANN

12. 9. 1974

München, den

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Ke/ce

JUDSON S. SWEARINGEN

2235 Carmelina Avenue

Los Angeles, Calif.

USA

Verfahren zum Messen und Steuern des Axial-  
druckes bei Rotationsmaschinen und zugehörige  
Drucklageranordnung

Die Erfindung betrifft Rotationsmaschinen, die Axialdruck-  
belastungen unterworfen sind, und befaßt sich insbesondere  
mit der Messung und Steuerung des auf Drucklageranordnungen  
einwirkenden Axialdrucks.

Bei mit hoher Drehzahl laufenden Maschinen, beispielsweise  
Zentrifugalpumpen, Kompressoren, Turbinen, Turbogebläsen  
und dergleichen, haben die meisten Wartungsprobleme ihren  
Ursprung in den Drucklagern, und zwar hauptsächlich auf-  
grund der Tatsache, daß der auf die Welle einwirkende  
Druck infolge vieler Faktoren großen Schwankungen unterliegt.

509811/0669

Patentanwälte Dipl.-Ing. Martin Licht, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Axel Hansmann, Dipl.-Phys. Sebastian Herrmann  
8 MÜNCHEN 2, THERESIENSTRASSE 33 · Telefon: 28 12 02 · Telegramm-Adresse: Lipatti / München  
Bayer. Vereinsbank München, Zweigst. Oskar-von-Miller-Ring, Kto.-Nr. 882 495 · Postscheck-Konto: München Nr. 1633 97

Oppenauer Büro: PATENTANWALT DR. REINHOLD SCHMIDT

Zu diesen Faktoren zählen auch Druck- oder Belastungsänderungen in den Maschinen, schlechte Dichtungskonstruktionen etc. Im Unterschied zu Zylinderlagern, die eine umlaufende Umfangslagerfläche haben, sind Drucklager radial, und wenn die Schmierung momentan einmal aussetzen sollte, dann wirkt die Zentrifugalkraft dahingehend, daß sie das restliche Schmieröl nach aussen schleudert, so daß schnell eine Metall-auf-Metall-Berührung der Lagerflächen zustande kommt. Ferner haben Drucklager sehr viel höhere Reibgeschwindigkeiten als die zugehörigen Zylinderlager. Bei vielen Teilen der Rotationsmaschinen, wie sie oben erwähnt sind, wird zur Beseitigung der durch Drucklager-ausfall entstehenden Probleme der auf die Welle einwirkende Druck berechnet und dann eine Ausgleichsvorrichtung vorgesehen, von der angenommen wird, daß sie den berechneten Druck oder Schub neutralisiert oder zumindest in einem kleinen, gewählten Bereich hält. So werden beispielsweise in vielstufigen Maschinen, z.B. bei Turbokompressoren, Turbogebläsen und dergleichen, sogenannte "Ausgleichstrommeln" oder "Entlastungstrommeln" verwendet. Unglücklicherweise ist eine solche Ausgleichsvorrichtung von geringem Wert, wenn die Druckbelastung nicht bekannt ist. In jedem Fall hat sich die Verwendung einer Ausgleichsvorrichtung dann nicht als zufriedenstellend erwiesen, wenn sich die Druckbelastung nicht leicht schätzen läßt oder sehr schnellen Abweichungen von dem vermeintlich "bekannten" Wert ausgesetzt ist. Bisher sind keine einfachen oder genauen Verfahren zur Messung der Druckbelastung bekanntgeworden, die die Verwendung einer Ausgleichsvorrichtung weitestgehend zulassen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren zur Bestimmung des auf eine Drucklageranordnung

bzw. auf zwei entgegengesetzt angeordnete Drucklager, die dazu verwendet werden, die axiale Lage einer Welle aufrecht zu erhalten, einwirkenden Axialdrucks zu schaffen. In diesem Zusammenhang soll auch eine Steuerung des auf eine Drucklageranordnung einwirkenden bzw. auf zwei entgegengesetzte Drucklager, die zur Aufrechterhaltung der Axiallage einer Welle Verwendung finden, einwirkenden Axialdrucks ermöglicht werden. Zur Verfahrensdurchführung soll dabei eine geeignete Messvorrichtung geschaffen werden, die in Verbindung mit einer Lageranordnung zur Messung des auf die Lageranordnung einwirkenden Axialdrucks dient.

Desweiteren soll ein System geschaffen werden, durch das sich der auf die Lageranordnungen einwirkende Axialdruck automatisch steuern läßt.

Bei einer typischen Drucklageranordnung wird ein rotierendes Teil an einer Welle angebracht, während sich ein unbewegliches Teil durch die Welle hindurch erstreckt. Die gegenüberliegenden Flächen, von denen sich je eine an jedem Teil befindet, sind im allgemeinen so aufeinander abgepaßt, daß sie die Drucklageroberfläche bilden. Gewöhnlich wird ein Schmiermittel durch den unbeweglichen, also festliegenden Teil eingespritzt, das dann radial zwischen den aufeinanderpassenden Flächen eines derartigen unbeweglichen und eines derartigen rotierenden Teils nach aussen wegfließen kann. Eine gewöhnliche Konstruktion der zusammenpassenden Lagerflächen kennzeichnet sich dadurch, daß dem radialen Fluß des Schmiermittels zwischen den aufeinanderpassenden Flächen ein Widerstand entgegenwirkt, und daß der auf das Lager ausgeübte Axialdruck durch Überwachung des Druckes zwischen den aufeinander-

passenden Flächen oder des Druckgradientens des über die aufeinanderpassenden Flächen der Lageranordnung laufenden Schmiermittels bestimmt werden kann, die Druckgradientenmessung kann vollständig zwischen den aufeinanderpassenden Flächen erfolgen, sie kann aber auch durch Abtasten der Differenz zwischen dem zwischen den aufeinanderpassenden Flächen herrschenden Druck und einem Bezugsdruck außerhalb des Lagers oder einem Bezugsdruck zwischen den aufeinanderpassenden Flächen eines anderen Lagers erfolgen.

Für den Fall, daß entgegengesetzte Drucklager dieser Art zur axialen Positionierung einer Welle Verwendung finden, wird die Bestimmung des Axialdruckes durch eine Messung der Druckdifferenz des Schmiermittels ermöglicht, die zwischen den entsprechenden aufeinanderpassenden Flächen der Lageranordnung herrscht.

Die Axialdruckmessung kann die Grundlage für ein Verfahren zur Steuerung des Axialdrucks bilden, und zwar durch Benutzung der verschiedenen Druckmessungen als Basis für die Einstellung einer Ausgleichsvorrichtung oder einer anderen solchen Einrichtung, wie sie zur Einstellung des auf ein Drucklager wirkenden Nettoaxialdrucks benutzt wird.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird eine Drucklageranordnung mit geeigneten Druckmessvorrichtungen kombiniert, die so angeschlossen sind, daß sie die oben beschriebenen Messungen durchführen können, und es wird eine weitere Kombination zwischen einer Drucklageranordnung und einer Ausgleichsvorrichtung oder einer anderen derartigen Vorrichtung zur Steuerung des

auf die Drucklager wirkenden Axialschubs bzw. -Drucks vorgeschlagen, wobei diese Steuerung entweder automatisch oder von Hand erfolgt.

Es gibt auch noch andere Drucklagertypen, die keinen erheblichen Schmierdruck-abfall zwischen den Eintritts- und Austrittsstellen aufweisen dürfen, und die zum Tragen der Last von solchen Elementen abhängig sind, die als "feste, schräge Schuhe", feste, gestufte Schuhe (Raleigh-Lager), Spiralrillenlager (Whippel), Kipp-schuhlager (Kingsbury), Kegelsetzlager und dergleichen bekannt sind. Die Last wird jedoch in allen Fällen durch Druckaufbau getragen, und eine Leitung, die eine dieser Zonen mit einer Druckmессeinrichtung verbindet, liefert die Stütz- oder Traglast, so daß der Erfindungsvorschlag für solche Vorrichtungen genauso gut verwendbar ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine teilweise geschnittene Ansicht einer Rotationsmaschine, bei der Drucklager Verwendung finden, bei denen zwischen der Eintrittsstelle und der Austragsstelle ein erheblicher Druckabfall erfolgt, wobei ferner die Benutzung des Schmiermitteldrucks in jedem der beiden gegenüberliegenden Lager als gegenseitiger Bezugswert in Verbindung mit der automatischen Steuerung des Schubs in Abhängigkeit von den Änderungen des Differenzdrucks dargestellt ist, der sich aus dem in einem Lager herrschenden Druck und einem Bezugsdruck ergibt,

Figur 2 eine Teilansicht, die dem rechten Teil von Figur 1 ähnlich ist und eine andere Ausführungsform der

509811/0669

Druckmess- und Steuervorrichtung in Verbindung mit demselben Lagertyp darstellt,

Figur 3 eine der Figur 2 ähnliche Ansicht, die eine weitere andere Ausführungsform in Verbindung mit demselben Lagertyp zeigt,

Figur 4 eine einem Teil von Figur 2 ähnliche Teilansicht, die die Anwendung des Erfindungsvorschlages auf ein mit einem "festen Schuh" versehenes Lager zeigt,

Figur 5 eine Teilansicht der Flächen der festen Schuhe des Lagers von Figur 4, und zwar längs der Linie 5-5 in Figur 4,

Figur 6 eine Teilschnittansicht längs der Linie 6-6 in Figur 5, aus der das Umfangsprofil von Schuhen erkennbar ist, die eine "feste Schräge" aufweisen,

Figur 7 eine der Figur 6 ähnliche Ansicht, die das Umfangsprofil von Raleigh-Lagerschuhen bzw. des mit "unveränderlicher" bzw. "festliegender" Stufe versehenen Lagerschuhs zeigt,

Figur 8 eine einem Teil von Figur 4 ähnliche Teilansicht, die die Anwendung des Erfindungsvorschlages für einen "Kippschuh" bzw. einen Kingsbury-Lagerschuh zeigt,

Figur 9 eine der Figur 4 ähnliche Ansicht, die die Anwendung für ein "Spiralnute"-Whippel-Lager zeigt, und

Figur 10 eine der Figur 5 ähnliche Ansicht längs der Linie 10-10 in Figur 9.

In Figur 1 ist bei 10 ein Zentrifugalkompressor dargestellt, dessen Kompressorwelle 11 in Zylinder- oder Büchsenlagern 12 und 13 drehbar gelagert ist, von denen eine Fläche 14a oder 15a irgendeinen der verschiedenen Drucklagertypen darstellt, auf die oben Bezug genommen wurde, und die zu einer ebenen Fläche rotierender, scheibenförmiger Drucklagerkörper 14, 15 paßt, die auf der Welle 11 fest angeordnet sind. Die Lageranordnungen, die aus Büchsenlagern 12 und 13 sowie Drucklagern 14 und 15 bestehen, werden durch Schmierkanäle 16 und 17 geschmiert, die sich durch die Büchsenlager 12 und 13 hindurch und in die Büchsenlagerspalten 12a und 13a zwischen Welle 11 und Büchsenlager 12 und 13 hineinerstrecken. Das aus einem Behälter 18 herausgepumpte Schmieröl wird über die Pumpe 19, den Kühler 20, das Filter 21 und den Druckregler 21a umgewälzt und dann durch Strömungseinschnüröffnungen 22 und 23 geschickt und daraufhin in die Schmiermittelkanäle 16 und 17 gedrückt. Das Schmiermittel, das in die Zylinderlagerspalten 12a und 13a hineingedrückt worden ist, strömt in Axialrichtung an der Welle 11 entlang, wobei ein Teil in die Drucklagerspalten 24 und 25 zwischen die aufeinanderpassenden Flächen der Lageranordnungen tritt und radial zwischen den Flächen nach aussen fließt und eventuell in die Lagerkammer 11a entweicht, in der das Schmieröl durch den Ablaufabzweig 11b in die Leitung 11c und den Behälter 18 abläuft. Wie bereits ausgeführt wurde, wird die Stärke des Schmiermittelstroms durch die Öffnungen 22 und 23 begrenzt. Wenn die Teile 12b und 13b der entsprechenden Lager ein solches Spiel aufweisen, daß sie wie Einschnürstellen wirken, so werden sie die besagten Öffnungen vergrößern oder werden in der Lage sein, sie zu ersetzen. Die zusammenpassenden



Lagerflächen enthalten an ihren Austrittsrändern ebenfalls Verengungen oder Einschnürungen 26 und 27, mit denen starker Schmierölverlust aus den Lageranordnungen verhindert wird.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, bestehen die Einschnürungen aus Lippen 26 und 27, die sich rund um den Umfang der Drucklagerflächen der Büchsenlager 12 und 13 erstrecken. Bei genauerer Betrachtung einer der Lageranordnungen läßt sich erkennen, daß beim Hineinpressen des Schmieröls in die Anordnung jedes Verschieben der Welle 11 in Richtung auf das Büchsenlager 12, auch Zapfenlager genannt, zu einer Vergrößerung des Strömungswiderstandes des Schmieröls zwischen der Lippe 26 und dem Drucklager 14 führt und einen Schmieröldruckaufbau im Spalt 24 zur Folge hat. Die Druckverteilung ist nicht notwendigerweise einheitlich, sondern hängt vom Lagertyp hat, jedoch wird der Fachmann wissen, wo sich die Druckaufbauzone befindet, so daß er die Druckanzapfkanäle 28, 29 in passender Weise anordnet. Der Druckanstieg in Spalt 24 ist bestrebt, das Drucklager 14 von der Druckfläche des Büchsenlagers 12 solange wegzudrücken, bis das Spiel zwischen der Lippe 26 und dem Drucklager 14 eingestellt ist, so daß der Druck im Spalt 24 an einer Stelle gesteuert wird, wo die Druckbelastung abgestützt wird.

Da, wie aus Figur 1 ersichtlich, zwei entgegengesetzte Drucklageranordnungen vorhanden sind, um die Axiallage der Welle 11 aufrechtzuerhalten, kann eine gleiche Druckmessung, wie sie für das Drucklager 14 in der oben beschriebenen Weise erfolgt, auch in bezug auf das Drucklager 15 durch den Druckanzapfkanal 29 vorgenommen werden. Wenn der Schmieröl- bzw. Schmiermittelfluß, der durch die Öffnungen 22 und 23 in die entsprechenden Lageranordnungen

eintritt, im wesentlichen gleich ist, wird jegliche axiale Verschiebung der Welle 11 durch Druckänderungen in den Drucklagerspalten 24 und 25 erkennbar. Wenn sich die Welle 11 beispielsweise in Richtung auf das Büchsenlager 12 verschiebt, steigt der Druck im Spalt 24 in bezug auf denjenigen im Spalt 25 an. Demzufolge wird durch die Druckdifferenzmessung zwischen den Drucklagerspalten 24 und 25, die mit Hilfe der Differenzdruckmesseinrichtung 30 vorgenommen werden kann, die an die Druckanzapfkanäle 28 und 29 angeschlossen ist, eine direkte Anzeige des auf der Welle 11 lastenden Axialdrucks bewirkt, der sich in dem unterschiedlichen Axialdruck widerspiegelt, der von den entgegengesetzten Lageranordnungen aufgenommen wird.

Es versteht sich, daß die Druck- bzw. Schublageranordnungen gewöhnlich so gebaut sind, daß in den Lagerspalten 24 und 25 ausreichend Spiel bemessen ist, so daß diese Lageranordnungen nicht gegeneinander arbeiten, obgleich sie gegenüberliegen, d.h. so ausgerichtet sind, daß die eine Anordnung den Druck oder Schub der sich bewegenden Welle in der einen Richtung und die andere Anordnung den Bewegungsschub der Welle in der anderen Richtung aufnimmt. Wenn sich beispielsweise die Welle 11 nach rechts bewegt, dann wird die Lageranordnung, zu der das Lager 14 gehört, in der oben beschriebenen Weise belastet, so daß diese Anordnung den durch diese Bewegung erzeugten Schub oder Druck aufnimmt. Gleichzeitig bewirkt eine derartige Bewegung nach rechts, daß die Lageranordnung, zu der das Lager 15 gehört, entlastet wird. In ähnlicher Weise wird, sobald sich die Welle nach links bewegt, das Lager 15 belastet, während das Lager 14

entlastet wird. Der Druckabfall in dem entlasteten Lager erfolgt aus praktischen Gründen gleichzeitig mit dem Bewegungsbeginn der Welle in der entsprechenden Richtung. Auf diese Weise erzeugt das unbelastete Lager einen ausgezeichneten Bezugsdruck für das belastete Lager. In vielen Fällen wird ein Bezugsdruck in dem unbelasteten Lager eines Lagerpaares gegenüber anderen zu Verfügung stehenden Bezugsdrücken bevorzugt. Beispielsweise gibt die Druckdifferenz, die dem Schub einer gegebenen Größe entspricht, genauestens den aufgrund der Belastung des Lagers sich einstellenden Druck wieder, der den Druck übersteigt, welcher die Belastung 0 in einem gleichen Lager darstellt, da der Bezugsdruck innerhalb des Maschinengehäuses herrscht und innerhalb eines Lagers auftritt, das sich unter der Schubbelastung 0 befindet.

Zur Verdeutlichung des oben beschriebenen Gegenstandes anhand einer einzelnen Lageranordnung wird nun auf Fig. 2 verwiesen, in der nur ein Teil des Systems von Fig. 1 dargestellt ist. Durch Anschließen der Druckmessvorrichtung 30a an den Druckanzapfkanal 28 und durch darauffolgende Überwachung des Schmiermitteldruckes im Spalt 24 kann die auf die einzelne Lageranordnung wirkende Axialdruckbelastung festgestellt werden, da, wenn sich der Druck über eine Zeitspanne im Spalt 24 senkt, offensichtlich ist, daß sich das Drucklager 14 von dem Büchsenlager 12 weggeschoben hat, während dann, wenn der Druck ansteigt, sich das Drucklager 14 offensichtlich in Richtung auf das Büchsenlager 12 verschoben hat. Es leuchtet ein, daß eine identische Messung auch an der gegenüberliegenden Lageranordnung vorgenommen werden kann, und daß sich die

beiden Messungen vergleichen lassen, falls dies gewünscht wird.

Wie oben bereits erläutert, beginnt der Druck, falls der Strömungswiderstand des Schmiermittels zwischen den zueinander passenden Lagerflächen durch Verschieben des Drucklagers in Richtung auf die Drucklagerfläche des Büchsenlagers ansteigt, an der Drucklagerfläche sich aufzubauen, so daß sich in Radialrichtung über den zueinanderpassenden Oberflächen ein Druckgradient des Schmiermittels oder zumindest ein örtlicher Druckaufbau einstellt. Dieser Druckgradient oder Differenzdruck, hervorgerufen durch axiales Verschieben der Welle 11, kann, wie aus Fig. 3 hervorgeht, dadurch gemessen werden, daß eine Differenzdruckeinrichtung 30b zwischen dem Druckanzapfkanal 28 und eine Stelle abstromseitig der aufeinanderpassenden Flächen der Lageranordnung, wie sie beispielsweise die Lagerkammer 11a darstellt, geschaltet wird, die das aus dem Lager entweichende Schmiermittel sammelt. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit dieses Schmiermittels im wesentlichen konstant gehalten wird, wenn es in die Lageranordnung durch die Schmiermittelleitung 16 eintritt, dann braucht zur Bestimmung der zwischen den zueinanderpassenden Flächen vorhandenen Druckdifferenz nur die Differenz zwischen dem konstanten Druckwert und dem Druck genommen zu werden, der zwischen den zueinanderpassenden Lagerflächen auftritt, der sich durch Verwendung der in Fig. 2 gezeigten Anordnung bestimmen lässt.

Die in den Fig. 1 und 2 gezeigte Lagerkonstruktion stellt sowohl eine schematische als auch eine praktisch ver-

wirklichbare Anordnung dar. In schematischer Hinsicht wird mit dieser Darstellung bezweckt, die Beziehung zwischen Lagerbelastung und dem in der Druckzone des Lagers herrschenden Drucks zu veranschaulichen.

Viele, wenn nicht die meisten Druck- bzw. Schublager erzeugen auf hydrodynamische Weise in der den Schub aufnehmenden Zone unter Druck stehende Bereiche. Das Schmiermittel wird durch den Rotationskörper in Bereiche hineingezogen, aus denen es aufgrund der Nähe der dazu passenden Druckfläche in nur beschränktem Maße entweichen kann. Die Gesamtsumme der in derartigen Zonen sich aufbauenden Druckflächenbereiche ist gleich der Schubbelastung, die innerhalb der Lagerbelastungsfähigkeit liegt. Die Druckverteilung bleibt mit sich ändernder Belastung im wesentlichen konstant, ausgenommen die Druckhöhe, so daß eine Druckmessung in irgendeiner solchen unter Druck stehenden Zone ein gutes Maß für die gesamte Druck- bzw. Schubbelastung bildet.

Somit weist die in den Fig. 1 und 2 gezeigte Ausführungsform bei 12a oder 13b oder 22 oder 23 eine Schmiermittelströmungsbegrenzungseinschnürung auf sowie eine druckhaltende Einschnürung, bestehend aus der Lippe 26 oder 27, um dadurch zwischen den aufeinanderpassenden Schubflächen einen die Schubbelastung anzeigenden und aufnehmenden Druckbereich zu schaffen. Eine druckhaltende Einschnürung ist auch bei den Ausführungsformen vorhanden, die in den Fig. 4 und 5 sowie 9 und 10 beschrieben sind.

Bei den Fig. 5 und 7 wird das Schmiermittel in Leitungsnuten 124 und 125 eingeführt, die in Fig. 5 schräge Flächen 124a und in Fig. 6 festliegende, gestufte Nuten 127 versorgen. Diese abgeschrägten und festliegenden gestuften Flächen verursachen aufgrund der Zug- oder Schleppwirkung der sich bewegenden dazu passenden, gegenüberliegenden Fläche einen Druckaufbau in Richtung auf ihre abstromseitigen Enden, weil von dort das Schmiermittel nur durch eingeschnürte oder verengte Kanäle entweichen kann. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit dafür, in den Nuten 124 und 125 eine bestimmte Druckbeaufschlagung aufrechtzuerhalten, sondern es ist nur erforderlich, das Schmiermittel den Eintrittsöffnungen der abgeschrägten und gestuften Flächenbereiche ständig zuzuführen. Somit brauchen diese Nuten bei 126 nicht geschlossen zu werden, sondern können, wie dies bei der Nut 126b dargestellt ist, offen sein. Dies ergibt sich auch aus Fig. 8, wo die Kippschuhe durch den Schmiermittelstrom überflutet werden, aber nicht notwendigerweise durch diesen Strom unter Druck gesetzt werden.

Der in Fig. 1 gezeigte Kompressor 10 weist ein Laufrad 31 auf, das auf der Welle 11 befestigt ist und sich mit ihr dreht. Das zu komprimierende Strömungsmittel tritt an der Kompressoreintrittsöffnung 32 ein und wird an der Kompressoraustrittsöffnung 33 nach seinem in Radialrichtung nach außen erfolgenden Durchtritt durch die im Laufrad 31 vorhandenen Kanäle 34 ausgetragen, wobei sich das komprimierte Strömungsmittel in den Kanälen 35 sammelt, bevor es durch die Austrittsöffnung 33 ausströmt. Einen großen Teil des Druckanstiegs in dem Strömungsmittel, das kompri-

miert wird, wird in dem Strömungsmittel erzeugt, wenn es durch die Laufradkanäle 34 strömt, so daß der Strömungsmitteldruck im Kanal 35 sehr viel größer ist als in der Eintrittsöffnung 32. Der hohe im Kanal 35 herrschende Druck wird weitgehend auch in den Spalt 36 zwischen der Stirnseite des Laufrades 31 und dem Körper des Gehäuses 10 übertragen. Dieser Spalt wird an seinem inneren Rand durch eine Labyrinthdichtung 38 verschlossen. Diese Dichtung lässt eine kleine Strömungsmittelmenge aus dem Spalt 36 heraus und führt sie über die Eintrittsöffnung 32 in den Ansaugbereich zurück. Die Wirkung dieser kleinen Leckagemenge auf das System, die nur wenige Prozent des Gesamtstroms ausmacht, ist vernachlässigbar gering.

In ähnlicher Weise pflanzt sich der im Kanal 35 herrschende hohe Druck auch weitgehend in den Spalt 37 hinein fort, der zwischen der Rückseite des Laufrades 31 und dem Kompressorkörper 10 vorhanden ist. Auch hier hindert eine Labyrinthdichtung 39 bis auf eine vernachlässigbare Strömungsmittelleckage das ganze Strömungsmittel daran, in den Spalt 40 einzudringen, insoweit dies den Betrieb des Kompressors betrifft. Nichtsdestotrotz wirft diese kleine Leckagemenge, die über den Spalt 37 durch die Labyrinthdichtung 39 hindurchfließt, ein erhebliches Problem auf, und zwar aufgrund der Tatsache, daß sie, sobald sie in den Spalt 40 zwischen der Rückseite des Laufrades 31 und den Körper des Kompressors 10 eingedrungen ist, auf die Fläche der Rückseite des Laufrades 31 innerhalb der Dichtung 39 gedrückt wird, wodurch sich ein erheblicher Schub ergeben kann, der auf das Laufrad 31 ausgeübt wird und das Laufrad von der Welle 11 wegdrückt, weil die Fläche auf der entgegengesetzten Seite innerhalb der Dichtung 38 nicht mit Druck beaufschlagt wird, um diesen Schub aufzuheben.

Um dieses obige Druck- bzw. Schubproblem zu überwinden, wird gewöhnlich bei mit hoher Drehzahl rotierenden Maschinen des oben genannten Typs eine Art Ausgleichs- oder Gleichgewichtssystem vorgesehen, mit dem dieser Schub aufgehoben werden kann, wodurch eine ernsthafte Beschädigung der Lager verhindert wird. Eine übliche Schubausgleichsanordnung ist in Fig. 1 dargestellt. Ein Kanal 41 führt von dem Spalt 40 zur Leitung 42 über das Ventil 43 und dann in den Kanal 44 hinein, der zum Ansaugstutzen der Eintrittsöffnung 32 des Kompressors 10 zurückführt. Bei den üblichen Systemen, die dieses Ausgleichssystem benutzen, ist das Ventil 43 normalerweise geöffnet oder ganz weggelassen, so daß das gerade komprimierte Strömungsmittel, das in den Spalt 40 hineingepresst wird, zum Ansaugstutzen der Eintrittsöffnung 32 zurückströmen kann. Unglücklicherweise bringt dieses Ausgleichssystem gewisse Komplikationen insofern mit sich, als die Leckagemenge, die in die Spalten 36 und 37 einströmt und demzufolge auch der Druck in diesen Spalten sich in Abhängigkeit von der Rauigkeit in den Kanälen und der Leckagemenge der Dichtung 39 ändern. Darüberhinaus entsteht aufgrund der Stoßwirkung des Strömungsmittels, das in den Kompressor selbst eintritt, ein Druck, und es ist sehr gut möglich, daß noch andere Druckeinflüsse vorhanden sind, denen das Rotationssystem ausgesetzt ist. Deshalb hat sich das bloße Abziehen des Strömungsmittels aus dem Spalt 40 und seine Zurückführung in die Eintrittsöffnung 32 über den Kanal 41, die Leitung 42, das Ventil 43 und den Kanal 44 nicht als zufriedenstellende Methode zum Ausgleich des Axialschubs erwiesen. Erfindungsgemäß werden diese Probleme, die mit dem Ausgleich des Schubs verbunden sind, auf eine vorteilhafte Weise gelöst. Wenn der Schub gegen die Welle und vom



Eintritt des Laufrades 31 weggerichtet ist, dann ist der in der Kammer 40 herrschende Druck offensichtlich geringer als er sein sollte, oder mit anderen Worten, das Strömungsmittel kann zu ungehindert in die Eintrittsöffnung 32 zurückströmen. Um dieses Problem zu beseitigen, lässt sich das Ventil 43 etwas schließen, um dadurch den Strömungsmittelausfluß aus dem Spalt bzw. der Kammer 40 zu hemmen und auf diese Weise den Druck im Spalt 40 hoch genug zu halten, um das Laufrad 31 von der Welle wegzubewegen. Wenn der Druck im Spalt 40 andererseits geringer ist als er sein sollte, wodurch die Welle 11 von dem Laufrad 31 durch einen geringen nicht ausgeglichenen Schub weggedrückt wird, baut sich der Druck im Spalt 24 auf und wird größer, während der Druck im Spalt 25 absinkt. Diese Veränderung in den Relativdrücken der beiden Spalten oder Kammern wird sofort von der Differenzdruckvorrichtung 30 erfasst. Wenn die Differenzdruckvorrichtung 30 als Differenzdruckscheibe- und -steuervorrichtung ausgebildet wird, die mit einer Einrichtung zur automatischen Einstellung des Ventils 43 versehen ist, dann lässt sich der Druck im Spalt 40 ständig auf der gewünschten Höhe halten, und zwar unabhängig von den Veränderungen des Schubs, die im System auftreten können. Somit wird anstelle eines auf bloßen Verdacht erfolgenden Ausgleichs des Schubs dadurch, daß Strömungsmittel aus dem Spalt 40 gemäß dem hier gemachten Vorschlag abfließen kann, eine genaue Steuerung der auf das rotierende System wirkenden Schubkräfte ermöglicht.

Eine besonders einfache und vorteilhafte Möglichkeit der automatischen Einstellung des Ventils 43 ist mit Hilfe einer Stellmembran, eines Kolbens oder dergleichen gegeben.

Das aus den Leitungen 28 und 29 kommende Strömungsmittel lässt sich zu den entsprechenden gegenüberliegenden Seiten der Membran oder des Kolbens lenken. Die Druckdifferenz bewirkt dann eine automatische Einstellung der Membran oder dergleichen und damit des Ventils 43 gemäß der herrschenden Schubbelastung. Es wird vorausgesetzt, daß die in den Leitungen 28 und 29 herrschenden Drücke in den meisten Fällen ausreichen, um eine solche Membran ohne Verstärkung zu betätigen.

In den Fällen, in denen der über den zusammenpassenden Flächen der Lageranordnung herrschende Druckgradient gemessen werden soll, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist, oder falls Veränderungen des Drucks zwischen den aufeinanderpassenden Flächen einer Lageranordnung überwacht werden sollen, wie dies in Fig. 2 gezeigt ist, kann der auf die rotierende Anordnung wirkende Schub noch durch einfaches Verstellen des Ventils 43 in Abhängigkeit von der Anzeige der Differenzdruckvorrichtung 30b oder des Druckmessers 30a gesteuert werden. Diese Einstellung kann entweder von Hand vorgenommen werden, oder es können, wie im Zusammenhang mit der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ausgeführt wurde, Druckvorrichtungen 30a und 30b mit Steuersystemen ausgestattet sein, durch die das Ventil 43 automatisch in Abhängigkeit von der Druckanzeige betätigt wird. Geeignete Steuersysteme enthalten irgendein pneumatisches, elektrisches oder hydraulisches Servosystem, das gewöhnlich in automatischen Steuereinrichtungen Verwendung findet, sowie die oben im Zusammenhang mit der Ausführungsform von Fig. 1 beschriebene Stellmembran. Offensichtlich lässt sich auf diese Weise zu großer Schub in jeder Richtung steuern, obgleich dies gewisse Veränderungen im Radius der Dichtung 39 mit sich bringen kann.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, weist die Lageranordnung eine Umfangsrippe auf, die den Schmiermittelausfluß aus der Anordnung proportional zur Schubbelastung hemmt, während der übrige Teil der Lagerflächen im wesentlichen flach ausgebildet ist. In einigen Lageranordnungen werden gewöhnlich radiale oder spiralförmige Nuten in einer der beiden Schubflächen verwendet, wie dies in den Fig. 4, 5, 6 und 7 sowie 9 und 10 dargestellt ist, oder es werden geneigte Oberflächenabschnitte benutzt, die in die andere Fläche eingearbeitet sind, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist, wobei diese geneigten Oberflächen auch wie bei einem in Fig. 8 dargestellten Kingsbury-Lager gedreht werden können und alle diese Oberflächen mit Druckaufbaubereichen der oben beschriebenen Art versehen sind. Der Erfindungsvorschlag findet für derartige Lagersysteme gleichermaßen Anwendung, vorausgesetzt, daß die Druckbindung mit einer Zone hergestellt ist, in der ein Druckaufbau im Lager aufgrund der Schubbelastungen stattfindet.

Wie im einzelnen aus Fig. 4 hervorgeht, liegt der rotierende Schublagerkörper 114 einer stationären Schublagerkonstruktion auf der Wand 112 gegenüber, die das Führungslager für die Welle 111 bildet. Diese Wand hat einen Schmiermittelkanal 116, der sich in das Führungslager zwischen dessen Enden hineinerstreckt. Das in dieses Lager eintretende Schmiermittel fließt in entgegengesetzten Richtungen an der Welle entlang. Der nach links gerichtete Fluß gelangt durch den Spalt 112b in die inneren Enden der Radialnuten 124 von Fig. 5 und 6 oder 125 von Fig. 7. Diese Nuten können kurz vor dem Außenumfang der Schublageroberfläche enden, wie dies bei 126 dargestellt ist. Schmiermitteldruck und Schmiermittelströmungsgeschwindigkeit

in die Nuten 124 oder 125 hinein sind von untergeordneter Bedeutung, solange die Nuten gefüllt gehalten werden. Auf der einen Seite jeder Nut ist die Fläche jeder Wand 112 mit einem festliegenden, flachen Flächenteil versehen, der in Richtung, in der sich das Lager 114 bei der Drehbewegung über die Fläche hinweg bewegt, wie dies bei 124a in Fig. 6 gezeigt ist, von einer tiefen Stelle aus immer weniger tief werdend geneigt verläuft, oder dieser Oberflächenteil ist, wie in Fig. 7 bei 127 dargestellt, mit einer einheitlichen und gleichmäßigen Vertiefung versehen. In jedem Fall werden diese Oberflächenvertiefungen kurz vor der nächsten Nut 124 oder 125, so daß sie von einer solchen nächsten Nut durch einen Steg 126a (Fig. 5 und 6) und 127a (Fig. 7) getrennt sind.

An den Spalt zwischen einer der festliegenden, abgeschrägten, flachen Oberflächen 124a und dem Lagerkörper 114 ist ein Kanal 128 angeschlossen, der durch die Wand 112 hindurchführt und einen Druckmesser 130 an seinem äußeren Ende aufweist, der zur Überwachung des in diesem Spalt an seiner Öffnung in der Nähe des Steges 126a herrschenden Druckes dient. Ein ähnlicher Kanal 129 ist in dem festliegenden, gestuften Lager von Fig. 7 zur Überwachung des in demjenigen Spalt herrschenden Druckes vorgesehen, der sich über einer der Oberflächen 127 befindet.

Das teilweise in Fig. 8 dargestellte Kingsbury-Lager ist in bezug auf die festliegenden Lageroberflächen, wie sie in den Fig. 4, 5, 6 und 7 dargestellt sind, ähnlich aufgebaut. Dieses Lager ist in Verbindung mit der gleichen Welle 111 und dem rotierenden Schublagerkörper 114 gezeigt, der auf der Welle befestigt ist, so wie dies auch

bei den in den Fig. 4, 5, 6 und 7 dargestellten Lagern der Fall ist. In diesem Falle wird jedoch das Schmiermittel der Lagerfläche des Schublagerkörpers 114 durch eine geeignete Einrichtung zugeführt, so beispielsweise dadurch, daß der Schublagerkörper 114, zumindest aber annähernd seine untere Hälfte, durch ein Ölbad läuft, wenn er sich dreht. Andererseits lassen sich die Lagerschuhe 224 durch andere Maßnahmen mit Schmiermittel überfluten. Es sind eine Reihe derartiger Schuhe rund um den Umfang mit Abstand voneinander vorgesehen, und zwar entsprechend ungefähr den zwischen den Nuten 124 und 125 in den Fig. 6 bzw. 7 vorhandenen Zwischenräumen. Jeder Schuh ist bei 226 auf der stationären Lagerwand 212 für sich drehbar gelagert. Grundsätzlich muß sich ein solcher Schuh frei auf einer Achse drehen können, die in bezug auf die Achse der Welle 111 annähernd radial verläuft, jedoch ist er gewöhnlich so gelagert, daß er universelle Drehbewegungen ausführen kann. Im Betriebszustand nimmt er eine solche Lage ein, daß seine Oberfläche, die dem Lagerkörper 114 zugewendet ist, die geneigte oder schräge Lage der Oberfläche 124a von Fig. 6 annähernd einnimmt, wie dies im folgenden ausführlich erläutert wird.

Zur Überwachung des zwischen einem der Schuhe 224 und dem Lagerkörper 114 herrschenden Druckes dient ein durch die Wand 212 laufender Kanal 228, an dessen äußerem Ende ein Druckmesser 130 angeschlossen ist. Sein inneres Ende steht über eines der Drehgelenklager 226 mit einem Kanal 228a in Verbindung, der durch den Schuh 224 läuft und sich zu derjenigen Fläche des Schuhs hin öffnet, die

dem Lagerkörper 114 gegenüberliegt.

Wie aus den Fig. 9 und 10 hervorgeht, wird für das gezeigte Lager eine Welle 111 und ein Lagerkörper 114 verwendet, die in entsprechenden Elementen der Fig. 4-8 gleichen. Das Schmiermittel kann durch einen Kanal 316 zugeführt werden, der sich durch eine stationäre Lagerstützwand 312 hindurcherstreckt und sich an seinem inneren Ende in ein Radiallager 312b hinein öffnet, von dem aus dann ein Teil des Schmiermittels an der Welle 111 entlang durch das Lager hindurch in den Schublagerraum fließt, der sich zwischen der Wand 312 und dem Lagerkörper 114 befindet. Wie aus den Fig. 4-7 hervorgeht, ist die Schublagerfläche der Wand 312 ausgespart, um sich rund um den Umfang erstreckende, sich abwechselnde Nuten und Stege zu schaffen, die jedoch im allgemeinen spiralförmig verlaufen und ausgebildet sind, wobei sich die Nuten in Richtung auf die Welle 111 an ihrem inneren Ende öffnen und an ihrem äußeren Ende 324a geschlossen sind und von ihren offenen Enden aus einheitliche Querschnittsform besitzen bzw. einheitlich abgeschrägt sind. Die offenen Enden können entweder innen oder außen liegen. Der Kanal 328 führt von dem dem Raum innerhalb oder neben einer der Nuten 324 in der Nähe des äußeren Nutendes aus bis zu einer Anschlußstelle an einen Druckmesser 130, durch den der zwischen den Lagerflächen in einer der Nuten herrschende Druck überwacht werden kann.

Die in den Fig. 4 - 10 dargestellten Lager sind an sich alle lange bekannt und unterscheiden sich im Betriebszustand von dem in den Fig. 1-3 gezeigten Lagern in der Art und Weise, in der sich der der Schmiermitteldruck

zwischen den rotierenden und stationären Flächen des Schublagers aufbaut. Alle Lager arbeiten in der Weise, daß sie zwischen diesen Flächen einen unter Druck stehenden Schmiermittel- bzw. Ölkörper erzeugen, um die Schubkräfte zwischen den Flächen zu übertragen, und alle Lager erzeugen in einem solchen Schmiermittel- oder Ölkörper einen Druck, der sich proportional zu dem übertragenen Schub ändert. Erfindungsgemäß wird dieser Gesamtschub durch Überwachung der in den entsprechenden mit Druck beaufschlagten Schmiermittelkörpern herrschenden Drücke überwacht.

Der bei der Ausführungsform nach den Fig. 1-3 vorhandenen Druck wird jedoch durch die Schubkraft erzeugt, die bestrebt ist, das Austreten von Öl aus einem solchen Ölkörper zwischen der Lippe 26 oder 27 und der benachbarten, zugewandten Oberfläche des Körpers 14 oder 15 zu verhindern, während gleichzeitig beständig Öl in den Körper hineingefördert wird. Somit ändert sich tatsächlich der Druck proportional zur Längsbewegung der Welle, und die Druckaufrechterhaltung, die die Schubstärke anzeigt, hängt davon ab, daß Strömungsmenge und Druck des Zuflusses ausreichend groß gehalten werden, um die Lippen 26 oder 27 von dem Körper 14 oder 15 getrennt zu halten. Das Lager arbeitet unabhängig davon, ob eine Drehbewegung stattfindet oder nicht, so daß es auch als "hydrostatisches" Lager angesehen werden kann.

Die in den Fig. 4-10 gezeigten Ausführungsformen hängen bei der Erzeugung des Öldrucks zwischen den Schublagerteilen von der Drehbewegung ab und können deshalb mit "hydrodynamische" Lager bezeichnet werden. Bei den Fig.

4-6 wird durch die Drehbewegung des Lagerkörpers 114, die über die Nuten 124 hinweg erfolgt, Öl bzw. Schmiermittel aus den Nuten herausgerissen und über die geneigten oder abgeschrägten Oberflächen 124a verteilt, wo es sich aufbaut, bis der in dem Lager herrschende Druck ausreicht, um die Stege 126a von dem Körper 114 ausreichend weit zu trennen, so daß das Öl an diesen Stegen vorbei entweichen kann. Dann ist der Punkt erreicht, wo deutlich wird, daß der Öldruck gerade ausreicht, um den Gesamtschub aufzunehmen, wobei dann die Größe dieses Schubs angezeigt wird. Die Überwachung eines solchen Drucks durch eine in der Oberfläche 124a in der Nähe des Stags 126a befindliche Öffnung bildet also ein zuverlässiges Mittel zur Feststellung der herrschenden Schubkräfte.

Bei der in Fig. 7 gezeigten Konstruktion ist die Wirkung ähnlich, es baut sich also bei der Drehbewegung ein Druck über den Oberflächen 127 solange auf, bis der Öldruck groß genug ist, um die ganze Schubkraft aufzunehmen und die Stege 127a von dem Körper 114 zu trennen.

Bei dem Kingsbury-Lager von Fig. 8 läßt sich diese Wirkung ebenfalls beobachten. Wenn jedoch das Öl von dem Körper 114 auf die Vorderkante des Schuhs gewischt wird, dann hebt der Öldruck die Vorderkante von dem Körper 114 ab und bildet einen keilförmigen Ölkörper aus, bei dem der vordere Rand dicker ist als der hintere, wobei jedoch beide Kanten von dem Körper 114 durch den Ölkörper mit Abstand getrennt sind. Durch Überwachen dieses Drucks über den Kanal 228 kann der von dem Lager aufgenommene Schub festgestellt werden.



Schließlich dient die Drehbewegung des Körpers 114 bei dem in den Fig. 9 und 10 gezeigten Whipple-Lager dazu, Öl entlang der Nuten 324 aus einem radial ganz innen liegenden Teil größeren Querschnitts in einen Teil kleineren Querschnitts zu treiben und aufgrund des über den Nuten entstehenden Widerstandes des Körpers 114 in dem Öl Druck aufzubauen, bis dieser Druck so groß ist, daß er die Stege 325 von dem Körper 114 zu trennen beginnt, so daß sich das Öl über die Stege ausbreiten kann und beginnt, an den Außenrändern der gegenüberliegenden Schublagerkörper vorbei nach außen zu laufen. Durch Überwachen des Druckes irgendwo innerhalb dieses Druckbereiches, jedoch vorzugsweise in der Nähe des äußeren Endes an der Nut 324 mit Hilfe des Kanals 328 wird dann die Schubkraft festgestellt. Es versteht sich, daß bei allen in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen jeder Körper der drehende Körper sein kann, während der andere Körper den stationären Körper bildet; daß ferner die Nuten 324 in jeder Radialrichtung offen sein können, und daß sich der den Druck abtastende Abgriff zu irgendeinem Teil des Ölkörpers hin öffnen kann, dessen Druck die Lagerflächen getrennt hält.

Somit ist die Überwachung und Steuerung des Schubs, wie sie im obigen beschrieben wurde, auf die verschiedenartigsten hydrodynamischen Lager anwendbar, wie sie beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung P 20 43 550 beschrieben sind, jedoch auch auf die hier dargestellten hydrostatischen Lager.

Es wird darauf hingewiesen, daß im Falle von entgegengesetzten Lagern, wie sie in Fig. 1 gezeigt sind, bei denen

kein ausreichendes Spiel für die Längsbewegung der Welle vorhanden ist, um den Öldruck in einem der Lager zu entspannen, während er sich in dem anderen Lager unter der Schubwirkung aufbaut, die Überwachung der Druckdifferenz zwischen den beiden Lagern in vorteilhafter Weise als präzises Mittel zur Schubanzeige verwenden lässt. Wenn jedoch nur ein Schublager vorhanden ist, oder der Druck in dem einen Lager 0 ist oder vernachlässigt werden kann, braucht überhaupt kein Lager mit Ausnahme desjenigen überwacht zu werden, das den Schub aufnimmt. Die Anordnung zur Überwachung der Druckdifferenz, wie sie im obigen dargestellt wurde, ist dennoch vorteilhaft, da durch sie nicht nur ein Bezugsdruck für das unter Belastung stehende Lager erzeugt wird, sondern auch eine Drucküberwachung aller Lager ermöglicht wird, die unter Belastung stehen.

Das heißt, die Überwachungsvorrichtung in irgendeinem der oben beschriebenen Lagerformen kann auch zur Steuerung einer den Schub steuernden Anordnung benutzt werden, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist.

Im obigen wurde zwar ausgeführt, daß der in dem Lager herrschende Druck ein Maß für die Schubkraft oder die Belastung ist, die von dem Lager aufgenommen wird, es ist jedoch daraufhinzuweisen, daß der Zusammenhang zwischen dem gemessenen Druck und dem Schub nicht notwendigerweise linear ist. Besonderheiten der Lagerausbildung und des Fließverhaltens des Strömungsmittels in dem Lager können zu kleineren Abweichungen führen. Es versteht sich jedoch, daß sich jede verwendete Druckmessvorrichtung in der Weise modifizieren lässt, daß sie derartige Schwankungen oder Abweichungen kompensiert.

Die im obigen beschriebenen Verfahrensmöglichkeiten lassen sich an jeder beliebigen Rotationsmaschine anwenden, die mit geeigneten Schublagern oder ähnlichen Anordnungen ausgestattet ist. Grundsätzlich jedoch lassen sich die beschriebenen Verfahrensmöglichkeiten für mit hoher Drehzahl laufende Rotationsmaschinen verwenden, beispielsweise für Zentrifugalpumpen und Kompressoren, und zwar sowohl einstufiger als auch mehrstufiger Art, und auch für Turbinen und Turbogebläse ebenfalls einstufiger und mehrstufiger Art.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Drucklageranordnung für Rotationsmaschinen, gekennzeichnet durch ein rotierendes Teil (14, 15) und ein stationäres Teil (12, 13), von denen das rotierende Teil eine Fläche aufweist, die einer Fläche des stationären Teils gegenüberliegt und zwischen die im Betriebszustand durch Relativdrehung der beiden Teile ein Schmiermittel pressbar ist, das zwischen den gegenüberliegenden Flächen eine erste Druckzone ausbildet, die diese Flächen voneinander getrennt hält und zwischen ihnen Schubkräfte überträgt, und daß eine Druckbestimmungsvorrichtung (30, 130) vorgesehen ist, zu der ein Druckfühler (28, 41, 228, 328) gehört, der dem Druck des Schmiermittels in der ersten Zone ausgesetzt ist, um den auf die Lageranordnung einwirkenden Axialschub zu bestimmen.

2. Drucklageranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckfühler einen beweglichen Körper (112) aufweist, der mit zwei gegenüberliegenden Seiten versehen ist und in Abhängigkeit von auf diese Seiten einwirkende Druckdifferenzen bewegbar ist, daß die eine Seite dem nicht verstärkten Druck des Schmiermittels in der ersten Zone und die andere Seite einem Bezugsdruck ausgesetzt ist, und daß eine Ausgleichsvorrichtung (41, 42, 43, 44) vorhanden ist, die mit dem beweglichen Körper (11, 31) in Verbindung steht und bei Bewegungen des beweglichen Körpers betätigbar ist, um auf einen der Teile einen gewünschten Schub zu übertragen und dadurch automatisch einen gewünschten Gesamtschubwert an der Lageranordnung einzustellen.

3. Drucklageranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Druckzone unter einen Druck gesetzt wird, der einen bestimmten Schub aufrechterhält, um dadurch den rotierenden Teil (14, 15) und den stationären Teil (12, 13) getrennt zu halten, daß in dem Schmiermittel eine zweite Druckzone erzeugbar ist, die von dem den Schub aufrechterhaltenden Druck um einen Wert abweicht, der als Maß für den auf die Lageranordnung einwirkenden Schub dient, daß eine Druckbestimmungseinrichtung (30, 130) vorgesehen ist, zu der ein beweglicher Körper mit zwei gegenüberliegenden Seiten gehört, die in Abhängigkeit der Differenzwerte der auf die Seiten einwirkenden Drucke beweglich sind, wobei die eine Seite dem nicht verstärkten Druck der ersten Zone und die andere Seite dem nicht verstärkten Druck der zweiten Zone ausgesetzt ist, und daß eine Ausgleichsvorrichtung (40, 41, 42, 43) vorgesehen ist, die an den beweglichen Teil angeschlossen und durch die Bewegung dieses beweglichen Teils betätigbar ist, um die auf die Lageranordnung einwirkende Gesamtschubkraft automatisch auf einen gewünschten Wert einzustellen.

4. Drucklageranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der rotierende Teil (14, 15) der Vorrichtung auf einer Welle (11) befestigt ist, daß die Vorrichtung ferner einen in einiger Entfernung von der Drucklageranordnung auf der Welle (11) befestigten Rotor (31) aufweist, durch den Arbeitsmedium hindurchtreten kann, und daß sich zwischen dem Rotor und der Lageranordnung ein stationärer Körper (12, 13) befindet, wobei ein Teil des Arbeitsmediums in einen zwischen dem Rotor und dem stationären Teil befindlichen Zwischenraum entweichen kann,

während die Ausgleichsvorrichtung (40, 41, 42, 43) eine Einrichtung (43) zur Steuerung des in diesem Zwischenraum herrschenden Druckes des Arbeitsmediums aufweist.

5. Drucklageranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bewegliche Teil ein Kolben ist.

6. Drucklageranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bewegliche Teil eine Membran ist.

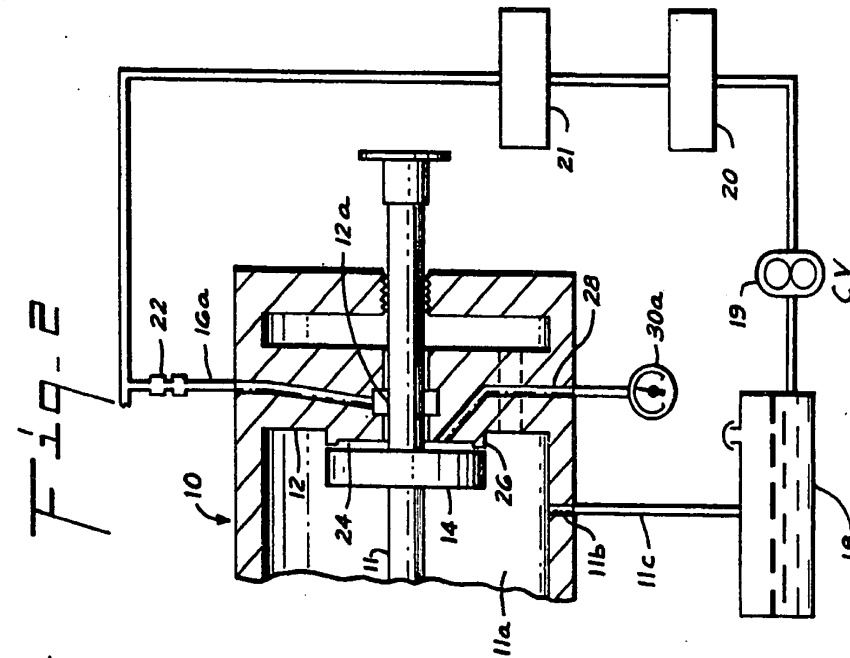
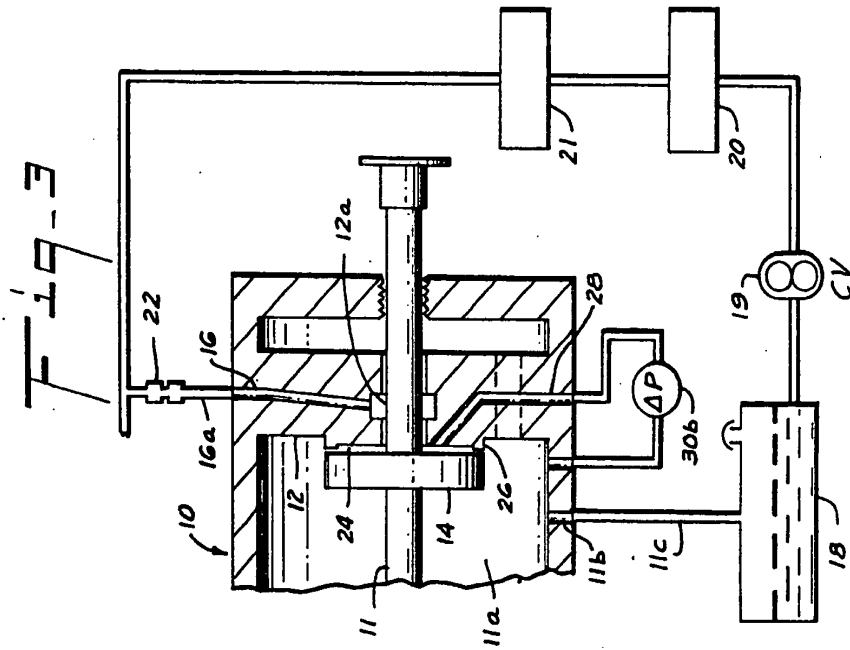
7. Drucklageranordnung mit einem rotierenden Teil und einem feststehenden Teil, wobei die eine Fläche des feststehenden Teils und die eine Fläche des rotierenden Teils zueinanderpassend gegenüberliegen, wobei ferner ein Schmiermittel durch die Relativdrehung der genannten Teile in die Lageranordnung hineinpressbar ist, daß dann in radialer Richtung zwischen den zusammenpassenden Flächen des rotierenden und des feststehenden Teils nach außen strömt und dabei zwischen den zusammenpassenden Flächen Druckzonen erzeugt, deren Druck ausreicht, um die genannten Teile getrennt zu halten, wobei die in diesen Zonen herrschende Druckdifferenz als Messwert für die Schubbelastung dient, gekennzeichnet durch eine Druckmessvorrichtung (30, 130) die einen beweglichen Körper mit zwei gegenüberliegenden Seiten aufweist, der in Abhängigkeit von diesen beiden Seiten herrschenden Druckdifferenzen bewegbar ist, wobei die beiden Seiten solchen aufeinanderfolgenden Druckzonen (124, 124a, 125, 127) ausgesetzt sind, von denen wenigstens eine sich zwischen den zusammenfassenden Flächen befindet, so daß der Druckgradient des Schmiermittels über diesen zusammenpassenden Flächen überwachbar ist, und wobei eine Ausgleichsvor-

richtung (40, 41, 42, 43) vorgesehen ist, die mit dem beweglichen Körper verbunden und bei Bewegungen des beweglichen Körpers betätigbar ist, um die auf die Drucklageranordnung einwirkende Schubkraft automatisch einzustellen.

8. Drucklageranordnung, bestehend aus zwei gegenüberliegenden Lageranordnungsteilen zur Aufrechterhaltung der Axiallage einer Maschinenwelle, wobei jeder Lageranordnungsteil einen rotierenden Teil (14, 15), der auf der Welle (11) befestigt ist, und einen stationären Teil (12, 13) aufweist, eine Fläche des rotierenden Teils und eine Fläche des stationären Teils einander gegenüberliegen, und im Betriebszustand ein Lagerschmiermittelkörper zwischen den gegenüberliegenden Flächen der genannten Teile durch die Relativdrehung der Teile erzeugt und unter einem Druck aufrechterhalten wird, der ausreicht, um die Teile voneinander getrennt zu halten und alle Schubkräfte zwischen ihnen zu übertragen, gekennzeichnet durch eine Differenzdruckmessvorrichtung (30), die einen beweglichen Körper mit zwei gegenüberliegenden Seiten aufweist und in Abhängigkeit von auf den beiden Seiten einwirkenden Differenzdrücken beweglich ist; wobei die eine Seite dem nicht verstärkten Druck des Schmiermittels zwischen den gegenüberliegenden Flächen eines der Lageranordnungsteile (10) und die andere Seite dem nicht verstärkten Druck des Schmiermittels zwischen den gegenüberliegenden Flächen des anderen Lageranordnungsteils (10) ausgesetzt ist, so daß dann, wenn die rotierenden Teile durch eine stirnseitige Schubbelastung eines der Lageranordnungsteile in der Einrichtung verschoben werden und in den anderen Lageranordnungsteil entlasten, und der bewegliche Körper den in dem belasteten

Anordnungsteil im Vergleich zu dem unbelasteten Anordnungsteil herrschenden Druck anzeigt und damit den stirnseitigen Schub auf den belasteten Lageranordnungsteil, und wobei eine Ausgleichseinrichtung (40, 41, 43, 44) vorhanden ist, die an den beweglichen Körper angeschlossen und durch Bewegungen dieses beweglichen Körpers betätigbar ist, um die auf die beiden Lageranordnungsteile einwirkende Schubkraft automatisch einzustellen.





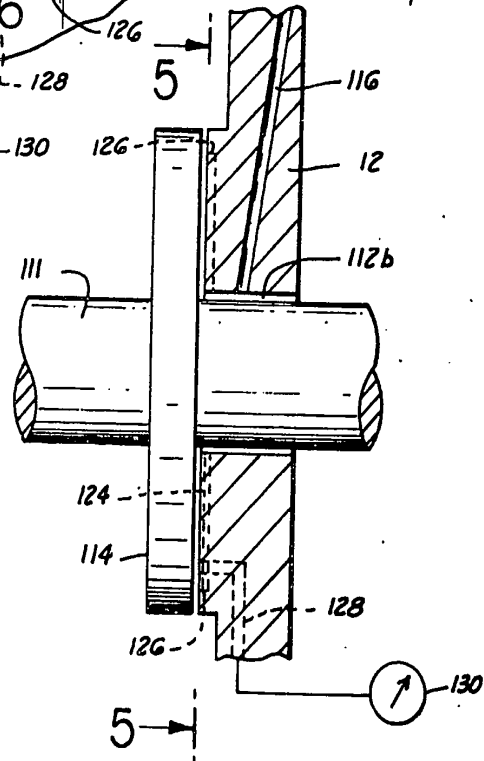
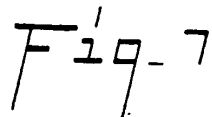
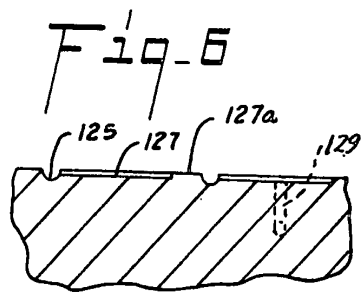
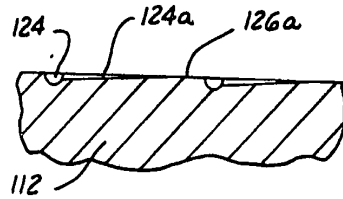
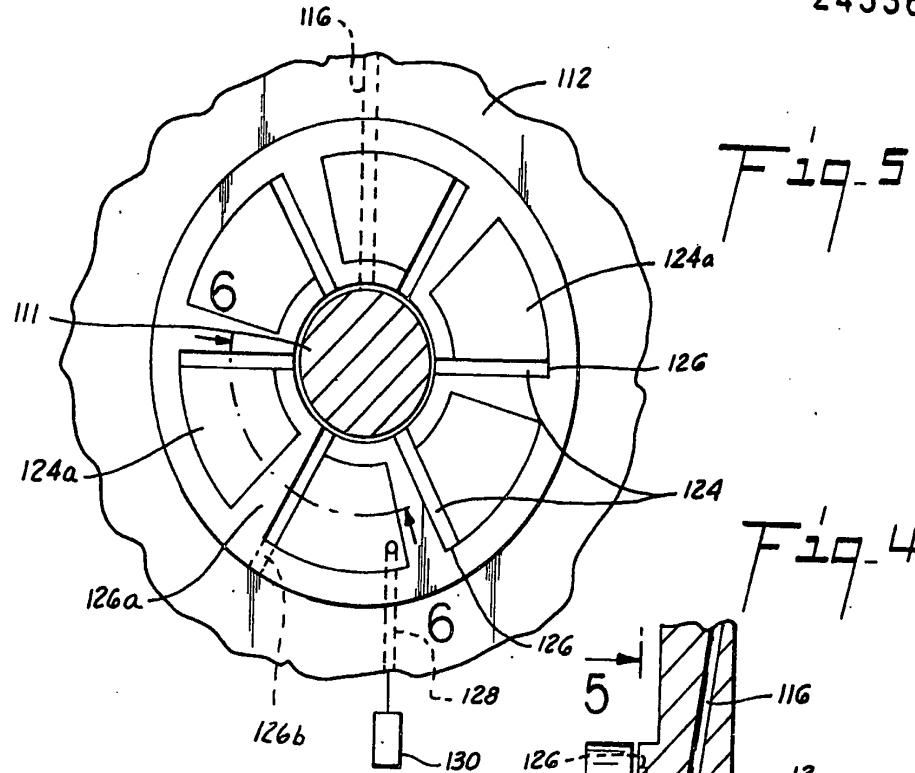


Fig 10

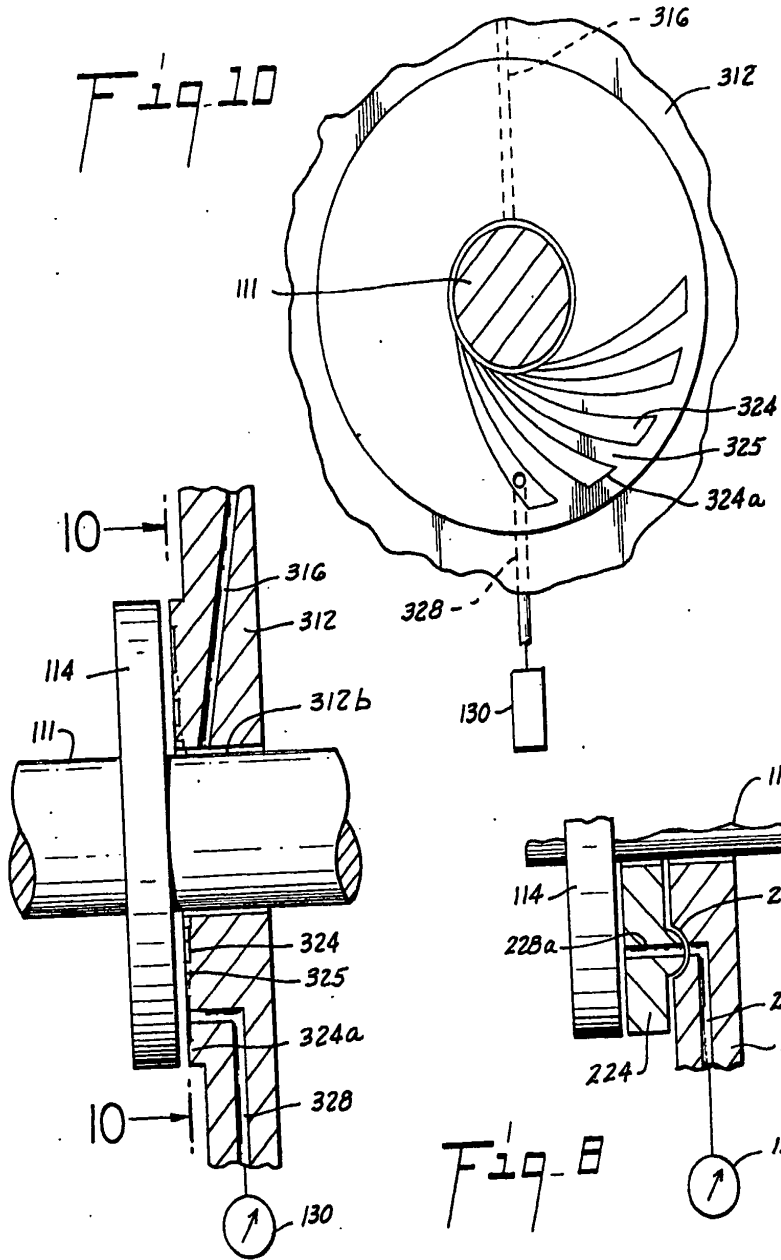


Fig 8

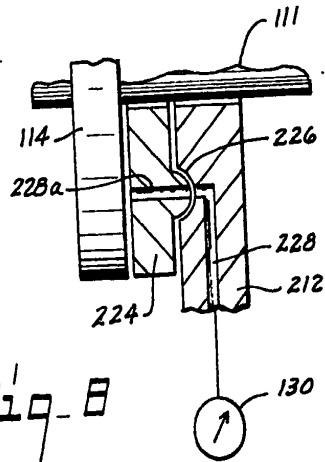
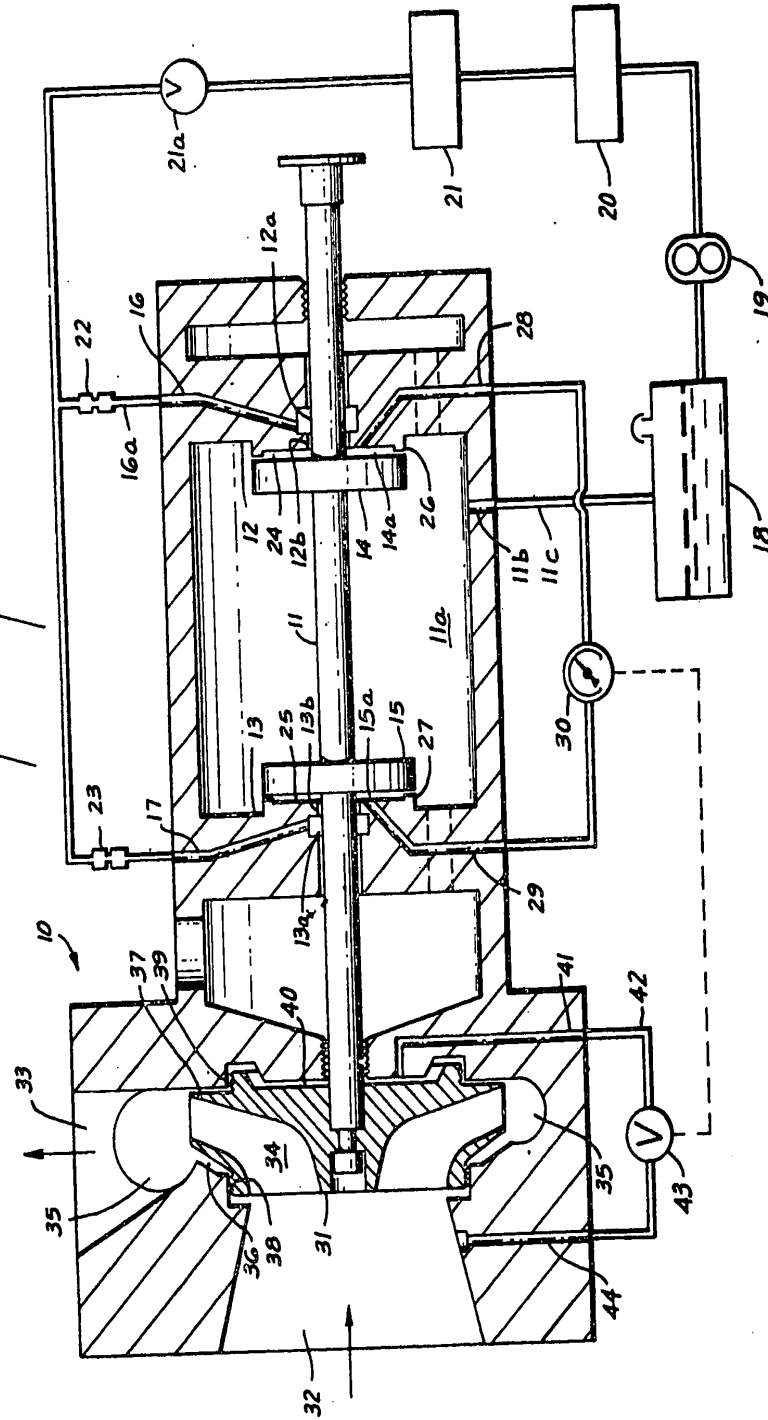


Fig 9

Fig. 1



509811/0669